Journal of Iranian Plant Protection Research
https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 3, 2024, p. 197-208

Investigating the Effect of Temperature on Abundance of *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) in Corn

L. Ebrahimi[1*], M. Amir-Maafi[2], M. Shiri[3]

1- Biological Control Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
2- Sunn Pest Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3- Maize and Forage Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
(*- Corresponding Author Email: ebrahimi.laleh@gmail.com)

Received: 31-10-2023
Revised: 26-05-2024
Accepted: 29-05-2024
Available Online:

How to cite this article:
Ebrahimi, L., Amir-Maafi, M., & Shiri, M. (2024). The effect of temperature on abundance of *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(3), 197-208. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.85113.1164

Introduction

Lepidopteran pests are among the most important limiting factors for corn production (grain and fodder corn), which is one of the most important strategic products in the world and in Iran. In recent years, due to climate changes around the world, some secondary pests have become widespread. One of these pests is the false armyworm *Mythimna loreyi*. In Iran, until the past years, false armyworm did not cause significant damage. However, in recent years, its population has increased, and as a result, its damage is evident in the corn fields.

Materials and Methods

In the present research, the population of *M. loreyi* and the larval natural parasitism were assessed during three growing seasons (2021-2023). A one-hectare grain corn field was selected on the research farm of the Research Institute of Plant Breeding and Seed Preparation in Karaj, where no spraying was done during the season. In each weekly sampling, the number of *M. loreyi* larvae and the number of the parasitized larvae were recorded. Parasitized larvae were also transferred to the laboratory and the parasitoids were identified. At the end of season, 30 plants were infested with the target pest and 30 intact plants were sampled and the cobs weight was recorded for both groups. The percentage of cobs, which were infected with fungi after feeding the pest was recorded. To compare the temperature changes in the three evaluated years, the meteorological data for the sampling months were obtained. The SAS software was used for statistical analysis and mean comparisons.

Results and Discussion

The analysis of pest frequency data showed that frequency of the pest population increased, especially in the third year of the survey (2023). Population of the pest larvae showed a significant increase compared to the previous two years. Comparison of the average number of larvae in the first and second years based on the t test did not show a statistically significant difference (t value = 2.05; P = 0.06). However, it had a significant increase in the third year compared to the first year (t value = 4.34; P<0.01) and the second year (t value=2.63; P=0.019). The proportion of larvae population increased by 2.44 and 5.97 times, respectively, in the years 2022 and 2023 compared to 2021.

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.85113.1164

Increase in the ratio of larvae population in 2023 compared to 2022 was also calculated to be 2.44 times. Comparing the average weight of the infected cobs that were fed by *M. loreyi* larvae with the control cobs showed a significant decrease in the weight of corn cobs due to the pest feeding (t value=3.94; $p<0.01$). On average, fungal contamination was observed in 75% of the cobs that were fed by the pest. Comparing the cumulative pest density data with the data related to temperature changes showed a possible relationship between larval density and the temperature. Comparison of the minimum temperature for four months (the months of pest activity on corn) in three years has shown that it was higher on June, August and September in 2023 than the corresponding months in 2021 and 2022. Therefore, considering density of the pest larvae and comparing three years, it seems that the minimum temperature had a role in increasing the pest density rather than the maximum and average temperature. Considering that based on the results reported by Qin et al. (2017) on the population of *M. loreyi* in China, this pest can grow at temperatures between 18 and 30 ℃, the very high maximum temperature (such as the temperature experienced in August 2021 in Karaj and the mean maximum temperature reached above 37 ℃) was not favorable for the pest and did not lead to its optimal growth. In the study of Mediouni Ben Jemâa et al., (2023) also a negative correlation has been reported between the number of captured adult *M. loreyi* and increasing temperature. Recently, *M. loreyi* has become one of the most important pests of cereals in Asia and Africa (Qin et al., 2017; Mediouni Ben Jemâa et al., 2023). It is possible that the increase in temperature in recent years in Iran has also provided optimal conditions for the appearance of *M. loreyi*, and results of the present study support this hypothesis. In this study, the average percentage of larval parasitism for three years was calculated between 11.74 and 14.86 percent. According to a study on *M. loreyi* parasitoids in Turkey, *C. ruficrus* was the most common parasitoid of this pest, and it was present in 91% of the fields where *M. loreyi* was active (Sertkaya and Bayram 2005). In the study of Sertkaya and Bayram (2005), the parasitism rate of *C. ruficrus* on *M. loreyi* was 38.5%, which was about 2 times more than compared to the highest average percentage of parasitism in the present study (14.86% at 2023). However, this average is related to the entire sampling period, and in all three years in the first half of September, the percentage of parasitism was recorded above 60% (Table 1). Therefore, this parasitoid has a high potential to control the population level of *M. loreyi* and the results of Sertkaya and Bayram (2005) confirm this claim based on the natural efficiency of *C. ruficrus* against *M. loreyi* by 42.4%.

Conclusion

The damage of *M. loreyi* is higher in late-season corn or corn that is cultivated later. In Iran, fodder corn is often sown as a second crop after harvesting wheat and barley. Considering the water crisis in the country on the one hand, and the importance of fodder corn in feeding livestock and providing fodder in the country on the other hand, which is very closely related to the country's food security, investigation on different aspects of *M. loreyi* biology, damage and management is necessary, before this pest emerges as an important and main pest in the country.

Keywords: False armyworm, Fodder corn, Lepidopteran pest, Parasitism, Temperature

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۲۰۸-۱۹۷

بررسی اثر دما روی تغییرات فراوانی *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) در ذرت

لاله ابراهیمی[1]* - مسعود امیرمعافی[2] - محمدرضا شیری[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۹

چکیده

یکی از مهمترین غلات استراتژیک در ایران و جهان ذرت می‌باشد، که بالپولکداران از مهمترین عوامل خسارت‌زای آن هستند. در سال‌های اخیر، با توجه به تغییرات اقلیمی در سراسر جهان، برخی آفات ثانویه حالت طغیانی پیدا کرده و برخی آفات مهاجم به مناطق غیر آلوده گسترش یافته‌اند. از جمله این آفات، شب‌پره برگخوار ذرت *Mythimna loreyi* است. در تحقیق حاضر، جمعیت لاروهای برگخوار ذرت و درصد پارازیتیسم طبیعی آن طی سه فصل زراعی (۱۴۰۲-۱۴۰۰) در کرج پایش گردید. تحلیل داده‌های فراوانی آفت نشان داد که جمعیت لاروهای آفت افزایش معنی‌داری داشته است (P<0.01). میانگین تعداد لاروها در سال اول و دوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (t value = 2.05; P = 0.06)، اما در سال سوم نسبت به سال اول (t value =4.34; P<0.01) و سال دوم (t value = 2.63; P = 0.019) افزایش معنی‌داری داشت. نسبت جمعیت لاروها به صورت میانگین در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۲/۴۴ و ۵/۹۷ برابر افزایش یافته بود. نسبت افزایش جمعیت لاروها در سال ۱۴۰۲ نسبت به ۱۴۰۱ نیز ۲/۴۴ برابر محاسبه گردید. تحلیل داده‌های هواشناسی، وجود یک رابطه مثبت بین افزایش جمعیت این آفت و افزایش دمای حداقل در سال‌های مورد بررسی را نشان داد. در این بررسی زنبور پارازیتوئید *Cotesia ruficrus* از لاروهای پارازیته برگخوار ذرت به‌عنوان پارازیتوئید غالب تعیین گردید. میانگین درصد پارازیتیسم طبیعی در سال‌های ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۱۲/۷۴، ۱۱/۷۳ و ۱۴/۸۶ درصد بود. مقایسه میانگین وزن بلال‌های آلوده به آفت و بلال‌های سالم کاهش معنی‌داری را نشان داد (P < 0.01). به‌طور متوسط، ۷۵ درصد از بلال‌هایی که مورد تغذیه آفت قرار گرفته بودند، درجاتی از آلودگی قارچی را نشان دادند. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده رابطه بین افزایش جمعیت لاروهای *M. loreyi* با افزایش دمای حداقل در ماه‌های تابستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بالپولکداران، برگخوار ذرت، پارازیتیسم، دما، ذرت علوفه‌ای

۱- بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- بخش تحقیقات سن گندم، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ebrahimi.laleh@gmail.com)

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.85113.1164

مقدمه

ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای به‌عنوان محصولات استراتژیک از اهمیت بسزایی برخوردارند. آفات بالپولکدار از مهمترین عوامل محدودکننده تولید ذرت در کشور می‌باشند، بنابراین پایش و کنترل به موقع و مؤثر این آفات منجر به جلوگیری از کاهش عملکرد، افزایش تولید و کمک به تأمین امنیت غذایی کشور خواهد شد. طبق آمارنامه وزرات جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰، سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای ۱۵۹۱۰۶ هکتار و میزان تولید آن ۱۱۳۵۹۱۰ تن بود. استان‌های کرمانشاه، خوزستان، فارس و کرمان به‌ترتیب بالاترین سطح زیر کشت را داشتند. سطح زیر کشت ذرت علوفه‌ای نیز ۳۸۱۲۲۱ هکتار و میزان تولید آن ۱۸۳۷۱۴۷۶ تن بود (Ministry of Agriculture Jihad, 2023). در مورد سطح زیر کشت و میزان تولید ذرت شیرین در کشور آمار دقیقی وجود ندارد. در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰، بیشترین میزان تولید آبی از بین محصولات زراعی مربوط به ذرت علوفه‌ای است که با تولید ۱۸/۳۷ میلیون تن، ۲۳/۳۱ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی آبی را تشکیل می‌دهد (Ministry of Agriculture Jihad, 2023). با توجه به بحران آب در کشور، حفاظت از پتانسیل عملکرد تمام محصولات ضروری می‌باشد و در این میان، حفاظت از عملکرد ذرت علوفه‌ای در برابر آفات، به‌دلیل نیاز آبی بالا و نیز اهمیت تأمین علوفه در امنیت غذایی کشور باید با دقت نظر و آینده‌نگری بیشتری مورد توجه قرار گیرد.

آفت برگخوار ذرت *Mythimna* (= *Leucania*) *loreyi* (Duponchel, 1827) (Noctuidae) بومی شرق آسیا است و در آفریقا، استرالیا، خاورمیانه و آسیا گسترش دارد (Nam *et al.*, 2020). این گونه مهاجر بوده و سالانه چندین نسل دارد و روی چندین میزبان از جمله گندم، ذرت، برنج، سورگوم، جو، توتون، فلفل و نخود گزارش شده است (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023). ذرت میزبان بهینه برای *M. loreyi* است که منجر به بهترین عملکرد بیولوژیکی می‌شود، به‌طوری‌که در شرایط دمایی ۲۷ درجه سلسیون طول دوره لاروی ۲۰/۱۸ روز، بقای مراحل نابالغ ۶۸ درصد و وزن شفیره ماده ۳۲/۴ گرم است. در صورتی‌که این آفت قبل از گرده‌افشانی ذرت به آن حمله کند، عملکرد را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023). این آفت در کشورهای مختلف تعداد نسل متفاوتی دارد، برای مثال در کره جنوبی یک نسل و در کشورهایی مانند هلند، آمریکای شمالی و کاپتاریکا دو نسل گزارش شده است (Hong *et al.*, 2022). در ایران، این آفت با نام مترادف *Leucania loreyi* برای اولین بار در سال ۱۳۴۰ توسط فرحبخش از روی سورگوم از خوزستان گزارش شد (Khanjani, 2006). این آفت روی ذرت در مزارع ارومیه دارای شش سن لاروی، با سه نسل کامل گزارش شده است که به‌صورت لارو سن آخر وارد دیاپوز شده و زمستان‌گذرانی می‌نماید (Naseri, 1996). در سال ۱۳۹۶ اولین خسارت *M. loreyi* روی برنج در کشور از شالیزارهای استان گیلان گزارش گردید (Jalaeian *et al.*, 2017).

دشمنان طبیعی به‌ویژه پارازیتوئیدها از عوامل کنترل‌کننده طبیعی جمعیت بالپولکدارن می‌باشند (Sokame *et al.*, 2021). بررسی‌های مزرعه‌ای در ارومیه منجر به شناسایی و معرفی نه گونه حشره مفید از راسته‌های دوبالان، بال غشائیان و ناجور بالان، از جمله *Euplectrus bicolor* Swederus (Hymenoptera: Eulophidae)، *Tachina nr.nupta* Rodani (Diptera: Tachinidae) و *Anthocoris nemorum* L. (Heteroptera: Anthocoridae) به‌عنوان دشمنان طبیعی *M. loreyi* در مزارع ذرت شدند (Naseri, 1996). علاوه براین، سه گونه مگس پارازیتوئید شامل *Linnaemya vulpina*، *Tachina nupta*، *Tachina paraeceps* از خانواده Tachinidae و یک گونه زنبور پارازیتوئید *C. rufricus* [*C. ruficrus*] نیز از روی *M. loreyi* از کشور جمع‌آوری و گزارش شده است (Parchami–Araghi, 1995؛ Siahpoush *et al.*, 1993).

با توجه به مساله جهانی گرمایش کره زمین و تغییر اقلیم، آفات محصولات کشاورزی نیز در حال تغییر می‌باشند (Kiritani, 2013). یکی از آفاتی که در سال‌های اخیر وقوع و خسارت آن در مزارع ذرت کشور افزایش پیدا کرده است، *M. loreyi* می‌باشد. با وجود این که این گونه همراه با سایر گونه‌های مشابه در چین و کره وجود داشت اما به‌دلیل خسارت ناچیزی که ایجاد می‌نمود، آفت ثانویه محسوب می‌شد و روش‌های کنترلی اعمال شده برای سایر آفات بالپولک‌دار در ذرت، سطح جمعیت این آفت را در حد بسیار پایین نگه می‌داشت (Qin *et al.*, 2017). این آفت اخیرا به‌صورت یک گونه مهاجم در چین و کره شیوع پیدا کرده است (Qin *et al.*, 2017) و از سال ۲۰۱۷ تحقیقات گسترده‌ای روی پایش، بیولوژی، فرمون و روش‌های کنترل آن در چین و کره در حال انجام می‌باشد. اخیرا این آفت در تونس نیز شیوع پیدا کرده و در مناطق مختلف تونس منجر به خسارت در ذرت شده است (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023). فرمون جنسی این آفت مشابه *Spodoptera frugiperda* می‌باشد و در تله‌های فرمونی *M. loreyi*، گونه *S. frugiperda* نیز شکار می‌شود که نشان‌دهنده قرابت‌هایی میان این دو آفت می‌باشد (Hong *et al.*, 2022).

با توجه به اهمیت برگخوار ذرت به‌عنوان آفت در حال گسترش در مزارع ذرت در جهان و اهمیت آن به‌عنوان عامل محدود کننده تولید ذرت، مطالعه حاضر، به‌منظور بررسی اثرات تغییر دما بر جمعیت آفت به‌مدت سه سال زراعی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش مذکور در مزرعه ذرت دانه‌ای واقع در مؤسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر کرج به مساحت یک هکتار با طول ۲۰۰ متر و عرض ۵۰ متر و موقعیت جغرافیایی بین ۵۰ درجه و ۹۲ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۷۹ دقیقه عرض شمالی و ۱۳۱۲ متر ارتفاع از سطح دریا، طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۰ در ماه‌های خرداد الی شهریور انجام شد. در این مزرعه هیچ گونه سمپاشی در طی فصل صورت نگرفت. مزرعه مورد مطالعه پس از سبز شدن ذرت تا زمان برداشت صورت هفتگی بازدید شد. در سال اول در هر تاریخ نمونه‌برداری، ۲۱۶ بوته، در سال دوم ۱۰۵ بوته و در سال سوم ۶۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد لاروهای موجود در هر بوته ثبت گردید. تمام لاروهای پارازیته نیز به آزمایشگاه منتقل و پس از خروج حشرات بالغ، درصد پارازیتیسم از طریق محاسبه درصد نسبت افراد پارازیته به تعداد کل لارو تعیین و پارازیتوئیدها شناسایی شدند. برای شناسایی پارازیتوئیدها، افراد بالغ خارج شده از بدن لاروها به بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی ارسال و بر اساس صفات مورفولوژیکی با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر، شناسایی گردید. در زمان برداشت محصول، تعداد ۳۰ عدد بوته آلوده به آفت مورد نظر و همچنین ۳۰ عدد بوته سالم نمونه‌برداری شده و وزن بلال برای هر دو گروه ثبت شد. درصد بلال‌هایی که بعد از تغذیه آفت دچار آلودگی قارچی شده بودند، نیز ثبت گردید. برای مقایسه تغییرات دما در سه سال مورد ارزیابی، میانگین ماهانه دما برای ماه های نمونه‌برداری از ایستگاه هواشناسی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال دریافت گردید. آزمایش بررسی تراکم لاروها در سه سال و با نمونه‌برداری از حداقل ۶۰ بوته انجام شد. آزایش بررسی خسارت با ۳۰ بوته در تیمار و شاهد انجام شد و میانگین محاسبه گردید. مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون t با استفاده از نسخه ۹٫۳ نرم‌افزار SAS (SAS Institute 2012) انجام شد.

نتایج

آفت مورد نظر پس از جمع‌آوری، توسط بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به نام *M. loreyi* شناسایی و تأیید گردید. نتایج مربوط به تعداد لاروهای آفت و لاروهای پارازیته در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- تعداد لاروهای زنده و درصد لاروهای پارازیته *Mythimna loreyi* در هر تاریخ نمونه‌برداری در سه سال زراعی متوالی ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۲

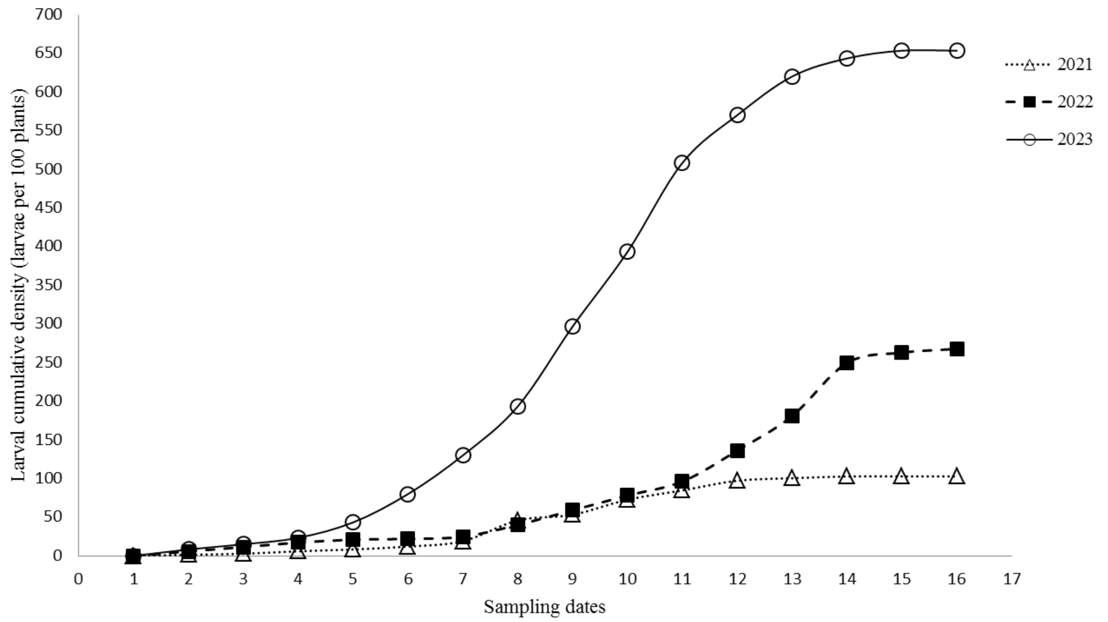
Table 1- The number of live larvae and percentage parasitized larvae of *Mythimna loreyi* on each sampling date during three cropping seasons from 2021 to 2023

Sampling date (day-month)	Year 2021		Year 2022		Year 2023	
	Larvae 100 plant^{-1}	Parasitized larvae%	Larvae 100 plant^{-1}	Parasitized larvae %	Larvae 100 plant^{-1}	Parasitized larvae %
1-June	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08-June	2.78	0.00	5.71	0.00	8.33	0.00
15-June	3.24	0.00	5.71	16.67	6.67	0.00
22-June	4.17	11.11	5.71	0.00	8.33	20.00
29-June	3.24	0.00	3.81	50.00	20.00	0.00
6-July	5.09	27.27	0.95	0.00	36.67	13.64
13-July	6.94	0.00	2.86	0.00	50.00	6.67
20-July	26.85	1.72	15.24	6.25	63.33	13.16
27-July	7.41	12.50	19.05	5.00	103.33	11.29
03-August	19.44	4.76	19.05	0.00	96.67	6.90
10-August	12.04	15.38	18.10	0.00	115.00	4.35
17-August	12.50	18.52	40.00	0.00	61.67	13.51
24-August	3.24	14.29	44.76	8.51	50.00	23.33
31-August	2.31	60.00	68.57	19.44	23.33	28.57
07-September	0.00	0.00	13.33	50.00	10.00	66.67
14-September	0.00	0.00	4.76	20.00	0.00	0.00
Mean	6.83[b]	12.74[a]	17.84[b]	11.73[a]	40.83[a]	14.86[a]

- حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون t می‌باشد.

-In each column means with the same letter are not significantly different according to t-student test ($p < 0.05$)

همان‌طور که داده‌ها نشان می‌دهد، شب‌پره برگ‌خوارذرت در سال‌های مورد بررسی با تراکم‌های مختلف وجود داشت. میانگین تعداد لاروها در سال اول و دوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (t value =2.05; P= 0.06)، اما در سال سوم نسبت به سال اول (t value =4.34; P<0.01) و سال دوم (t value =2.63; P= 0.019) افزایش معنی‌داری داشت. نسبت جمعیت لاروها به‌صورت میانگین در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۲/۴۴ و ۵/۹۷ برابر افزایش یافته بود.



شکل ۱- نمودار تعداد تجمعی لاروهای *Mythimna loreyi* در فصل‌های زراعی ۱٤۰۰ الی ۱٤۰۲؛ زمان‌های نمونه‌برداری: نمونه‌برداری هفتگی از هفته دوم خرداد تا هفته چهارم شهریور (16 هفته):۱ الی ۳: خرداد، ٤ الی ۷: تیر، ۸ الی ۱۲: مرداد، ۱۳ الی ۱٦: شهریور

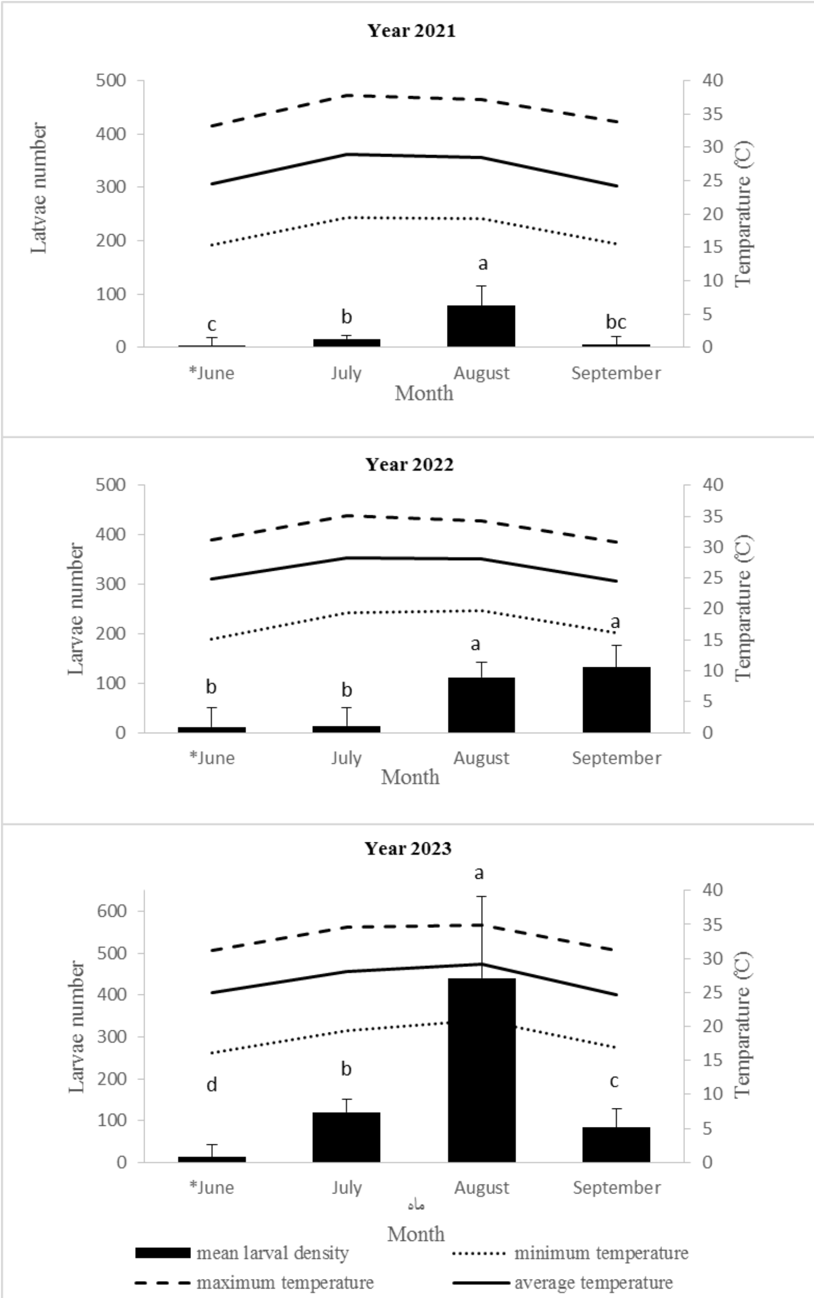
Figure 1- The graph of the cumulative number of *Mythimna loreyi* larvae in cropping seasons 2021 to 2023; Sampling times: weekly sampling from the first week of June to the second week of September (16 weeks): 1-5: June, 6-9: July, 10-14: August, 15 and 16: September

نسبت افزایش جمعیت لاروها در سال ۱۴۰۲ نسبت به ۱۴۰۱ نیز ۲/۴۴ برابر محاسبه گردید. تراکم تجمعی لاروها در تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری در سه سال متوالی در شکل ۱ نشان داده شده است.

بررسی داده‌های تراکم تجمعی آفت (شکل ۱) نشان داد که در هر سال نسبت به سال گذشته افزایش جمعیت آفت رخ داده است، هر چند این افزایش در میانگین، بین سال اول و دوم معنی‌دار نبود، اما در سال سوم (۱۴۰۲) جمعیت تجمعی لاروهای آفت نسبت به سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ افزایش معنی‌داری نشان داد. در مقایسه ماه به ماه، تفاوت میانگین تراکم لارو بین سال اول و دوم در سطح پنج درصد (t value =9.39; P= 0.011) و بین سال اول و سوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (t value =15.96; P<0.01)، در حالی‌که این تفاوت بین سال دوم و سوم (t value =1.22; P= 0.34) غیرمعنی‌دار بود. مقایسه میانگین تراکم لارو در تیر ماه نیز تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد بین سال اول و دوم (t value =6.14; P= 0.02)، یک درصد بین سال دوم و سوم (t value =49.26; P<0.01) و همچنین سال اول و سوم (t value =43.20; P<0.01) را نشان داد (شکل ۲ و ۳). تفاوت تراکم لاروها در مرداد و شهریور هر سه سال با یکدیگر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (P<0.01). در سال ۱۴۰۰ جمعیت در هفته اول شهریورماه به سطح ثابتی رسید در حالی‌که در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ تا هفته سوم شهریورماه افزایش جمعیت آفت مشاهده گردید.

نمودار تغییرات دما (حداقل، حداکثر و متوسط) و تغییرات جمعیت لارو به تفکیک سال در شکل ۲ آمده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، افزایش جمعیت لارو با افزایش دمای حداقل همگرا است و روند مشخصی را نشان می‌دهد. در شکل ۳ نمودار ارتباط دمای حداقل برای هر سه سال با تعداد لارو در سال‌های متناظر ترسیم شده است و همگرایی افزایش دمای حداقل با افزایش تراکم لارو را نشان می‌دهد.

مقایسه میانگین وزن بلال‌های آلوده که مورد تغذیه لاروهای *M. loreyi* قرار گرفته بودند با بلال‌های شاهد نشان دهنده کاهش معنی‌دار وزن بلال ذرت در اثر تغذیه این آفت بود (t value= 3.94; p<0.01). در ۷۵ درصد از بلال‌هایی که مورد تغذیه آفت قرار گرفته بودند، آلودگی قارچی مشاهده گردید.

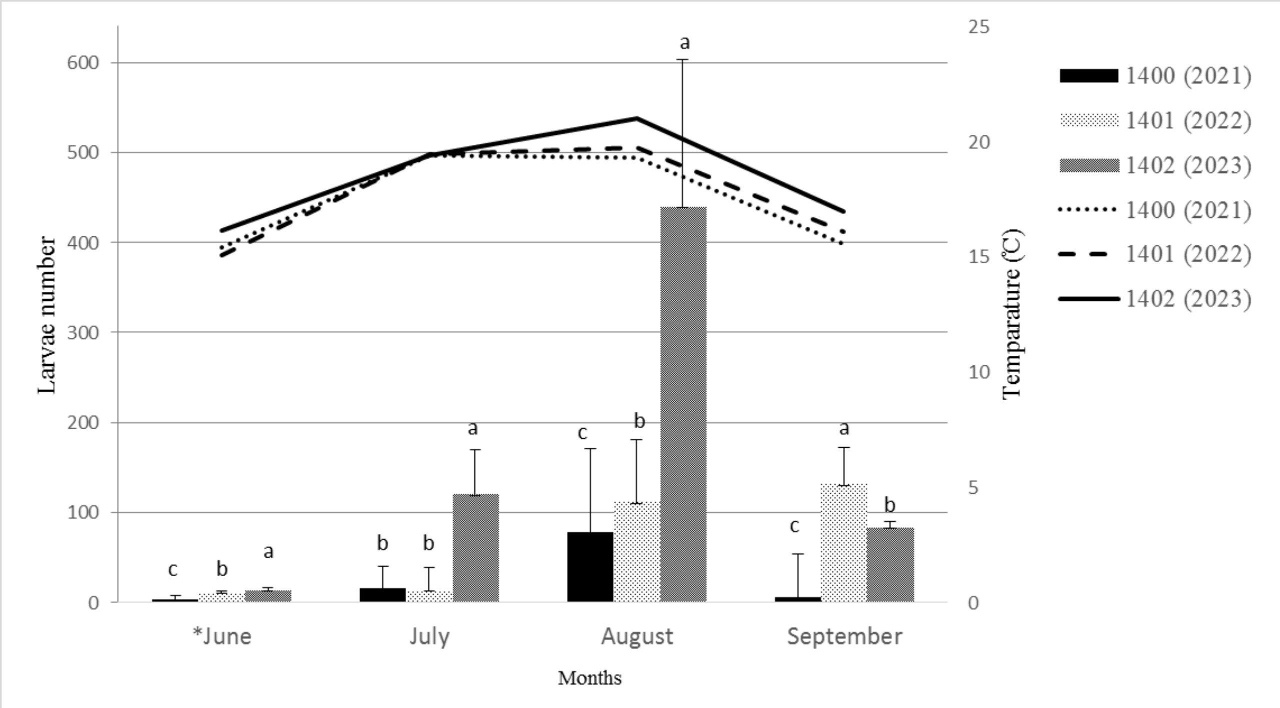


شکل ۲- مقایسه دمای حداقل، حداکثر و متوسط ماه‌های فعالیت *Mythimna loreyi* (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) و تراکم لاروها (میانگین و خطای استاندارد) در سال‌های ۱۴۰۰ الی ۱۴۰۱

Figure 2- Comparison of the minimum, maximum and average temperature of the activity months of *Mythimna loreyi* (June, July, August and September) and larval density (mean and SD bar) in the years from 2021 to 2023

*به‌دلیل عدم تطابق ماه‌های شمسی و میلادی، نمودار شامل میانگین دمای خرداد، تیر، مرداد و شهریور می‌باشد. در هر سال، حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون t می‌باشد.

*Due to the mismatch between solar and Gregorian months the graphs including the average temperature from 21 May to 21 June for June, 22 June to 22 July for July, 23 July to 22 August for August and 23 August to 22 September for September. In each year, means with the same letter are not significantly different according to t-student test ($p < 0.05$)



شکل ۳- نمودار ارتباط تغییرات دمای حداقل و تراکم لارو *Mythimna loreyi* در سال‌های ۱٤۰۰ تا ۱٤۰۲

Figure 3- The graph of the relationship between minimum temperature and larval density of *Mythimna loreyi* from 2021 to 2023

*به‌دلیل عدم تطابق ماه‌های شمسی و میلادی، نمودار شامل میانگین دمای خرداد، تیر، مرداد و شهریور می‌باشد. در هر ماه، حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون t می‌باشد.

*Due to the mismatch between solar and Gregorian months the graphs including the average temperature from 21 May to 21 June for June, 22 June to 22 July for July, 23 July to 22 August for August and 23 August 22 September for September. In each month means with the same letter are not significantly different according to t-student test ($p < 0.05$)

از لاروهای پارازیته شده زنبور پارازیتوئید *C. ruficrus* (Hym.: Braconidae) (Haliday, 1834) جمع‌آوری و توسط بخش تحقیقات رده‌بندی حشرات موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور شناسایی و تأیید گردید (شکل ۴). درصد لاروهای پارازیته برای تاریخ‌های نمونه‌برداری و میانگین هر سال در جدول ۱ نشان داده شده است. تجزیه آماری میانگین درصد لاروهای پارازیته نیز نشان دهنده عدم تفاوت بین سال اول و دوم بود (t value =1.28; P= 0.22). در حالی‌که تعداد لارو پارازیته در سال اول و سوم در سطح یک درصد (t value =4.43; P< 0.01) و بین سال دوم و سوم در سطح پنج درصد (t value =2.53; P= 0.02) افزایش معنی‌داری نشان داد.



شکل ٤- زنبور پارازیتوئید *Cotesia ruficrus* روی لارو سن آخر *Mythimna loreyi* (اصلی)؛A : زنبور پارازیتوئید بالغ، B: لاروهای زنبور پارازیتوئید در حال خروج از بدن لارو *M. loreyi*، C: لاروهای زنبور پارازیتوئید در حال تنیدن پیله شفیرگی، D: پیله‌های شفیرگی زنبور پارازیتوئید روی برگ ذرت

Figure 4- parasitoid wasp *Cotesia ruficrus* on the last instar larva of *Mythimna loreyi*; A: adult parasitoid, B: larvae of the parasitoid leaving the body of *M. loreyi* larvae, C: larvae of the parasitoid spinning pupal cocoons, D: pupal cocoons of the parasitoid on corn leaf

بحث

لاروهای *M. loreyi* با تغذیه شدید از قسمت‌های مختلف ذرت در تمام دوره فنولوژیکی گیاه باعث کاهش عملکرد می‌شود و بنابراین یکی از آفات مهم ذرت محسوب می‌گردند (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023). بررسی بوته‌های آلوده به این آفت نشان دهنده تغذیه لاروهای سن اول از پارانشیم برگی بود؛ با افزایش سن لاروی تغذیه از پهنک برگ به‌صورت کامل انجام گرفت. در آلودگی با تراکم بالای آفت که در سومین سال پایش مشاهده شد، تغذیه لاروی از کل پهنک برگ انجام شده و فقط رگبرگ اصلی باقی ماند. لاروها قبل از رشد بلال از برگ‌ها تغذیه می‌کردند، اما با ظهور بلال اغلب در فاصله بین بلال و ساقه ذرت مخفی می‌شدند و از بافت‌های نرم آن تغذیه می‌کردند. تغذیه لاروها از گل تاجی ذرت نیز مشاهده شد. بررسی بوته‌های آلوده نشان داد که ممکن است بیش از یک لارو به‌صورت همزمان از یک بوته تغذیه نماید و اغلب، سنین بالا و پایین

لاروی روی یک بوته مشاهده گردید. تغذیه لاروهای این آفت از تمام قسمت‌های گیاه ذرت به جز ریشه پیش از این گزارش شده بود (Shabaa & Al-Rubaie, 2018) و مشاهدات ما، مؤید این نظر است.

با وجود این که اطلاعات کمی در مورد پویایی جمعیت *M. loreyi* در مزرعه وجود دارد، تحقیقات قبلی نشان داده است که پارامترهای اقلیمی مانند دما، رطوبت نسبی، بارندگی و سرعت باد به طور قابل‌توجهی بر پویایی جمعیت *M. loreyi* تأثیر می‌گذارد و در این میان دما مهمترین عاملی است که ظهور *M. loreyi* را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Qin *et al.*, 2017; Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023). دمای بهینه برای رشد و نمو و تخم‌گذاری *M. loreyi* در دامنه دمایی بین ۱۸ تا ۳۰ درجه سلسیوس است. دمای بالا یا پایین تأثیر متفاوتی بر رشد، تولید مثل و بقا می‌گذارد. علاوه بر این، دما بیشترین تأثیر را بر متغیرهای زیستی این آفت و پویایی جمعیت آن در مزرعه دارد (Qin *et al.*, 2017).

بررسی داده‌های تراکم تجمعی آفت در مطالعه حاضر (شکل ۱) نشان داد که جمعیت آفت نسبت به سال‌های گذشته افزایش یافته است. مقایسه گرافیکی این داده‌ها با داده‌های تغییرات دما (شکل ۲ و ۳) نشان‌دهنده همبستگی بین تغییرات دمای حداقل و جمعیت آفت است. براساس داده‌های هواشناسی، متوسط دما در تیرماه سال ۱۴۰۰ نسبت به دو سال بعدی بالاتر و در سایر ماه‌های مورد ارزیابی، متوسط دما در ۱۴۰۲ بالاتر از سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بود. مقایسه حداقل دما برای چهار ماه مورد بررسی در سه سال، نشان‌دهنده بالاتر بودن دمای حداقل در ماه‌های خرداد، مرداد و شهریور در سال ۱۴۰۲ می‌باشد. دمای حداقل در تیرماه برای هر سه سال مشابه بود. مقایسه حداکثر دما نشان‌دهنده بالاتر بودن حداکثر دما برای هر چهار ماه در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ بود. در سال ۱۴۰۲ که بیشترین جمعیت آفت مشاهده گردید، تا هفته اول تیر ماه تفاوت معنی‌داری بین تراکم لاروهای آفت وجود نداشت، پس از آن تفاوت افزایش یافت. براساس نمودار تراکم تجمعی لاروها، در سال ۱۴۰۲ در مرداد ماه میزان افزایش جمعیت در مقایسه با دو سال دیگر بسیار بالاتر (بیش از ۵ برابر) بود. در این سال، میانگین حداقل دما برای مرداد ماه ۲۱ دجه سلسیوس بود، در حالی‌که برای سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به‌ترتیب ۱۹/۳ و ۱۹/۷ درجه سلسیوس بود (یعنی در سال ۱۴۰۲، بیش از یک درجه سلسیوس بالاتر از سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ بود). متوسط دمای مرداد ماه نیز در سال ۱۴۰۲ (۲۹/۱۶ درجه سلسیوس) نسبت به ۱۴۰۰ (۲۸/۴۱ درجه سلسیوس) و ۱۴۰۱ (۲۸/۱۲ درجه سلسیوس) بالاتر بود. مقایسه حداکثر دما برای مرداد ماه نشان دهنده بالاتر بودن آن در سال ۱۴۰۰ (۳۷/۱۶ درجه سلسیوس) نسبت به ۱۴۰۱ (۳۴/۲۹ درجه سلسیوس) و ۱۴۰۲ (۳۴/۹۶ درجه سلسیوس) بود. بنابراین، با در نظر گرفتن تراکم لاروهای آفت و مقایسه دما بین سه سال، به نظر می‌رسد دمای حداقل بیش از دمای حداکثر و متوسط دما روی افزایش تراکم آفت نقش دارد. بررسی‌های کین و همکاران (Qin *et al.*, 2017) در چین، نشان داده که دمای حداکثر رشد و نمو و تخم‌گذاری *M. loreyi* بین دمای ۱۸ تا ۳۰ درجه سلسیوس است، لذا دمای حداکثر بسیار بالا (مانند آنچه که در مرداد ۱۴۰۰ در کرج رخ داده، که میانگین دمای حداکثر به بالای ۳۷ درجه سلسیوس رسیده بود) برای آفت مطلوب نبوده و منجر به مرگ‌ومیر قابل توجه آن می‌شود. در مطالعه مدیونی‌بن‌جما و همکاران (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023) نیز همبستگی منفی بین تعداد افراد بالغ شکار شده توسط تله‌ها *M. loreyi* با افزایش دما گزارش شده است. بررسی‌های اخیر در چین و کره نیز نشان‌دهنده مناسب بودن دامنه دمایی ۲۴ الی ۳۰ درجه سلسیوس برای رشد بهینه این آفت می‌باشد، در حالی‌که برای گونه‌های دیگر همین آفت، این دامنه دمایی باریک‌تر است (Qin *et al.*, 2017; Nam *et al.*, 2020). با توجه به نتایج حاصل، به نظر می‌رسد افزایش دما در سال‌های اخیر در ایران نیز شرایط بهینه برای رشد این آفت را فراهم آورده باشد.

نتایج تحقیقات انجام شده در تونس طی سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱، بیشترین میزان آلودگی ذرت به این آفت را در تابستان گزارش نموده (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023) که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد.

در مطالعه حاضر، میانگین درصد پارازیتیسم لاروی برای سه سال بین ۱۱/۷۴ تا ۱۴/۸۶ درصد محاسبه گردید (جدول ۱). براساس مطالعه‌ای که در غرب کشور ترکیه روی پارازیتوئیدهای *M. loreyi* انجام شده است، گونه *C. ruficrus* مهمترین پارازیتوئید این آفت بود، به‌طوری‌که در ۹۱ درصد از مزارع از لاروهای *M. loreyi* این پارازیتوئید جمع‌آوری گردید (Sertkaya & Bayram, 2005). در مطالعه سرت‌کایا و بایرام (Sertkaya & Bayram, 2005) میزان پارازیتیسم *C. ruficrus* ۳۸/۵ درصد بود که در مقایسه با بالاترین میانگین درصد پارازیتیسم در سه سال مورد مطالعه (۱۴/۸۶ درصد در سال ۱۴۰۲) بیش از دو برابر می‌باشد. هر چند این میانگین مربوط به کل دوره نمونه‌برداری می‌باشد و در هر سه سال در نیمه اول شهریور ماه درصد پارازیتیسم بالای ۶۰ درصد ثبت شده است (جدول ۱). بنابراین، این پارازیتوئید پتانسیل بیشتری برای کنترل سطح جمعیت *M. loreyi* را دارا می‌باشد و نتایج سرت‌کایا و بایرام (Sertkaya & Bayram, 2005) مبنی بر کارایی طبیعی *C. ruficrus* علیه *M. loreyi* به میزان ۴۲/۴ درصد مؤید این ادعا است. جمعیت دشمنان طبیعی، تابعی از تراکم جمعیت میزبان می‌باشد و این موضوع افزایش میزان پارازیتیسم را در سال ۱۴۰۲ نسبت به دو سال قبل توجیه می‌نماید. با توجه به این که پارازیتوئیدها و شکارگرها در دماهای بالاتر نشو و نمای بهتری نسبت به آفات دارند (Gilbert & Raworth, 1996)، آینده‌نگری در زمینه مدیریت آفات با در نظر گرفتن تغییرات

اقلیمی جهانی و گرمایش کره زمین، بر لزوم تحقیق روی کارایی دشمنان طبیعی و انتخاب گونه‌های کارامد تأکید می‌نماید.

آلودگی‌های قارچی که متعاقب تغذیه از بلال ذرت حاصل می‌گردد پیش از این نیز گزارش شده است. برای مثال، ساقه‌خوار اروپائی ذرت علاوه‌بر خسارت مستقیم، باعث افزایش بیماری پوسیدگی بلال ناشی از قارچ فوزاریوم می‌گردد و عامل اصلی شیوع این قارچ روی بلال‌ها می‌باشد. خطرات زیستی شدید فومونیسین تولید شده توسط قارچ عامل پوسیدگی فوزاریومی برای انسان و دام‌ها، اهمیت خسارت این آفت را چند برابر می‌کند (Mazzoni *et* Galic *et al.*, 2019; *al.*, 2011) محل تغذیه آفت در ذرت بلالی مسیرهای مناسبی جهت ورود عوامل بیماری‌زا به‌خصوص قارچ فوزاریوم را برای گیاه فراهم می‌سازد. آلودگی به فومونیسین در گیاهانی که مورد تغذیه ساقه‌خوار اروپایی ذرت قرار گرفته‌اند تا ۴۰ برابر بیشتر از بوته‌های سالم گزارش شده است (Blandino *et al.*, 2015). در مورد شب‌پره برگخوار ذرت نیز آلودگی قارچی بلال بعد از تغذیه لاروها خسارت زیادی ایجاد می‌کند (Mediouni Ben Jemâa *et al.*, 2023). بنابراین کنترل به‌موقع و مناسب آفات بالپولک‌دار از خسارت ناشی از پوسیدگی بلال و نیز آلودگی به توکسین‌های قارچی جلوگیری خواهد کرد.

تغییرات اقلیمی و گرمایش کره زمین یک پدیده جهانی است و روی تمام ابعاد حیات و محیط‌زیست تأثیرگذار می‌باشد. تأثیرپذیری فنولوژی گیاهان به‌عنوان منابع اصلی تغذیه انسان و دام‌ها و تأثیرپذیری آفات حشره‌ای به‌عنوان رقیب اصلی انسان در بهره‌برداری از گیاهان، از تغییرات اقلیمی اجتناب‌ناپذیر است. تغییر در ترکیب آفات محصولات مختلف در کشور که اخیرا در محصولاتی مانند برنج و ذرت مشاهده شده است، و نیز بروز آفات ثانویه به‌صورت طغیانی نیز یکی از اثرات این تأثیرپذیری می‌باشد. در حالت کلی، در ذرت‌های دیررس یا ذرت‌هایی که دیرتر کشت می‌شوند شدت خسارت *M. loreyi* بیشتر می‌باشد (Kornosor, 1999). در ایران اغلب ذرت علوفه‌ای به‌عنوان کشت دوم بعد از برداشت گندم و جو کشت می‌گردد. با توجه به بحران آب در کشور و نیاز بالای ذرت علوفه‌ای به آب از یک سو، و اهمیت ذرت علوفه‌ای در تغذیه دام و تأمین علوفه کشور از سوی دیگر، اهمیت کنترل این آفت را نشان می‌دهد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد جنبه‌های مختلف زیستی و روش‌های کنترل این آفت به‌صورت دقیق مورد ارزیابی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و همچنین مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر که امکان اجرای این مطالعه را فراهم آوردند، صمیمانه سپاسگزاریم.

References

1. Ministry of Agriculture Jihad. (2023). *Agricultural Statistics of Crops 2021-2022*, Deputy Statistics of Information and Communication Technology Center, 103 pages. (In Persian)
2. Abbasipour, H., & Taghavi, A. (2004). Morphological and biological studies of parasitoid wasp, *Cotesia rufricus* (Haliday)(Hymenoptea: Braconidae), a gregarious endoparasitoid of the rice armyworm larvae, *Mythimna unipuncta*. *Pajouhesh-va-Sazandegi*: In *Agronomy & Horticulture*, *62*, 18-24. (In Persian with English abstract)
3. Blandino, M., Scarpino, V., Vanara, F., Sulyok, M., Krska, R., & Reyneri, A. (2015). Role of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) on contamination of maize with 13 *Fusarium mycotoxins*. *Food Additives & Contaminants: Part A*, *32*(4), 533-543. https://doi.org/10.1080/19440049.2014.966158
4. Galic, V., Simic, D., Franic, M., Brkic, A., Jambrovic, A., Brkic, J., & Ledencan, T. (2019). Analysis of *Fusarium* ear rot and fumonisin contamination in testcrosses of a maize biparental population. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, *19*(1), 40-46. https://doi.org/10.1590/1984-70332019v19n1a06
5. Gilbert, N., & Raworth, D.A. (1996). Insects and temperature—a general theory. *The Canadian Entomologist*, *128*(1), 1-13. https://doi.org/10.4039/Ent1281-1
6. Hong, S.Y., Yi, H.J., Yoon, Y.N., Jang, Y.W., Do Park, K., & Maharjan, R. (2022). Evaluation of commercial pheromones on the population dynamics of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) and *Mythimna loreyi* (Duponchel)(Lepidoptera: Noctuidae). *Korean Journal of Crop Science*, *67*, 285-295. https://doi.org/10.7740/kjcs.2022.67.4.285
7. Jalaeian, M., Farahpour-Haghani, A., & Esfandiari, M. (2017). First report of damage caused by *Leucania loreyi* (Lep.: Noctuidae) on rice in Guilan province. *Plant Pest Research*, *7(3)*, 77-80. https://doi.org/10.22124/iprj.2017.2593
8. Khanjani, M. (2006). *Field Crop Pests in Iran (Insects & Mites)*. Bu-Ali Sina University publishing. 719 pp.
9. Kiritani, K. (2013). Different effects of climate change on the population dynamics of insects. *Applied Entomology and Zoology*, *48*(2), 97-104. https://doi.org/10.1007/s13355-012-0158-y
10. Kornosor, S. (1999). Entomological problems of maize in Turkey. In *Proc. XX Conf. International Working Group on Ostrinia and Other Maize Pests (Adana, Turkey)* (pp. 14-23).

11. Mazzoni, E., Scandolara, A., Giorni, P., Pietri, A., & Battilani, P. (2011). Field control of Fusarium ear rot, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), and fumonisin in maize kernels. *Pest Management Science*, *67*, 458-465. https://doi.org/10.1002/ps.2084
12. Mediouni Ben Jemâa, J., Soltani, A., Djebbi, T., Mejri, I., Kanyesigye, D., & Otim, M.H. (2023). The maize caterpillar *Mythimna* (= *Leucania*) *loreyi* (Duponchel, 1827)(Lepidoptera: Noctuidae): Identification, distribution, population density and damage in Tunisia. *Insects*, *14*(10), 786. https://doi.org/10.3390/insects14100786
13. Nam, H.Y., Kwon, M., Kim, H.J., & Kim, J. (2020). Development of a species diagnostic molecular tool for an invasive pest, *Mythimna loreyi*, using LAMP. *Insects*, *11*(11), 817. https://doi.org/10.3390/insects11110817
14. Naseri, M. (1996). Biology of the maize leafworm, *Mythimna loreyi* DUP in Urmia region and introduction of its natural enemies and investigation of the biology of dominant species. MSc Thesis. Urmia University. (In Persian with English abstract)
15. Parchami–Araghi, M. (1995). The first record of three parasitoid flies (Dup.: Tachinidae) on *Mythimna loreyi* Dup. (Lep.: Noctuidae) larva in Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, *14*, 77-77. (In Persian with English abstract)
16. Qin, J., Zhang, L., Liu, Y., Sappington, T.W., Cheng, Y., Luo, L., & Jiang, X. (2017). Population projection and development of the *Mythimna loreyi* (Lepidoptera: Noctuidae) as affected by temperature: application of an age-stage, two-sex life table. *Journal of Economic Entomology*, *110*(4), 1583-1591. https://doi.org/10.1093/jee/tox138
17. SAS Institute. (2012). *SAS Enterprise Guide* ver. 9.3.
18. Sertkaya, E., & Bayram, A. (2005). Parasitoid community of the loreyi leaf worm *Mythimna* (Acantholeucania) *loreyi*: novel host-parasitoid associations and their efficiency in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Phytoparasitica*, *33*, 441-449. https://doi.org/10.1007/BF02981393
19. Shabaa, M.H., & Al-Rubaie, A.R.L. (2018). Ecological and biological study of *Leucania loreyi* (Dup.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, *26*, 232.
20. Siahpoush, A., Azimi, A., Rabee, R., & Mozaffari, M. (1993). Introduction of three species of *Mythimna* (Lep: n.) at Khuzestan corn fields. Proceedings IX Plant Protection Congress of Iran. 94 p. (In Persian with English abstract)
21. Sokame, B.M., Tonnang, H.E., Subramanian, S., Bruce, A.Y., Dubois, T., Ekesi, S., & Calatayud, P.A. (2021). A system dynamics model for pests and natural enemies interactions. *Scientific Reports*, *11*(1), 1401. https://doi.org/10.1038/s41598-020-79553-y